

Desain dan Analisa Performansi Faktor Daya pada Pengembangan Bay Kapasitor 20 kV-20 MVAR

Dedhy Mahendra^{1*}, Uswatun Hasanah²

^{1,2}Magister Teknik Elektro, Jakarta Global University

¹PT PLN (Persero) Pusat Sertifikasi, Jl Laboratorium Duren Tiga-Jakarta Selatan, 64217, Indonesia

E-mail: dedhy.putra@pln.co.id¹, uswatun.hasanah@pln.co.id²

*Penulis Korespondensi

Abstrak - Dengan semakin banyaknya penggunaan peralatan induktif (peralatan dengan belitan) seperti penggunaan motor-motor, trafo, maka secara umum faktor daya sistem PLN akan turun, untuk itu perlu dikompensasi dengan penggunaan kapasitor. Power Factor Controller (PFC) pada thesis ini adalah dengan penggunaan kapasitor pada sistem 20 kV untuk mereduksi energi reaktif sehingga faktor daya semakin baik dan energi jual. Pada sistem kondisi saat ini kapasitor 20 kV-20 MVAR terpasang dengan sistem 4 blok (masing-masing 50 MVAR) dengan sensor faktor daya 3 fase pada kubikel incoming. Sistem ini rencana dikembangkan menjadi 12 blok dengan sensor pada setiap masing-masing fase. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa daya aktif dapat ditingkatkan dari 8,5W (sistem 4 step) menjadi 11,3 W (sistem 12 step) pada beban tidak seimbang R123:100Ω, L1:20 mH, L2:50 mH, L3:70 mH, C123:100μF.

Kata kunci: power factor controller (PFC), kapasitor, sensor, faktor daya, energi.

Abstract - With the increasing use of inductive equipment (equipment with windings) such as the use of motors, transformers, in general the power factor of the PLN system will decrease, for this reason it is necessary to compensate with the use of capacitors. Power Factor Controller (PFC) in this thesis is to use a capacitor in a 20 kV system to reduce reactive energy so that the power factor is getting better and selling energy. In the current condition, 20 kV-20 MVAR capacitor is installed with a 4-block system (50 MVAR each) with 3-phase power factor sensor in the incoming cubicle. System proposed to be developed into 12 blocks with sensors in each phase. From the simulation results it is found that the active power can be increased from 8.5W (4 step system) to 11.3 W (12 step system) at unbalanced load R123:100Ω, L1:20 mH, L2:50 mH, L3:70 mH, C123:100μF.

Keywords: power factor controller (pfc), capacitor, sensor, power factor, energy.

1. PENDAHULUAN

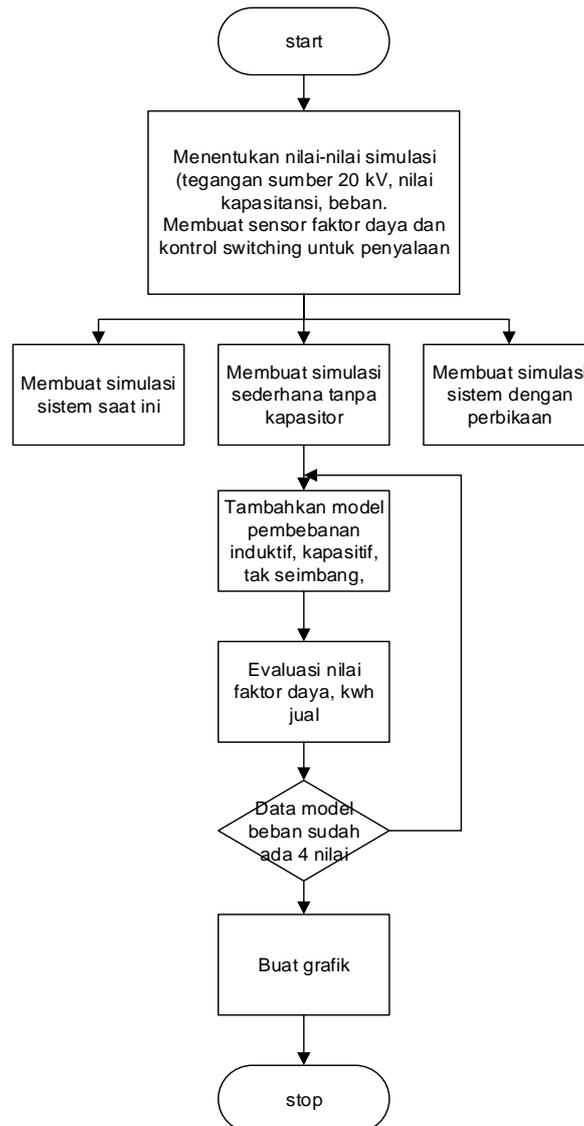
Dengan semakin banyaknya penggunaan peralatan induktif maka perlu dikompensasi dengan penggunaan kapasitor. Dengan berkembangnya beban dan macam jenis peralatan listrik, terutama pemakaian pada beban reaktansi seperti penggunaan motor-motor industri besar, peralatan sumber arus seperti las listrik dll, maka akan mengurangi faktor daya pada sistem tenaga listrik [1].

Dalam PERMEN ESDM No.20 tahun 2020 tentang aturan jaringan sistem tenaga listrik (grid code) pada aturan penyambungan disebutkan faktor daya pada titik sambung jaringan dijaga kisaran 0.9 lagging sampai dengan 0.9 leading [2]. Untuk itu PLN berusaha menjamin bahwa faktor daya sistem pada range nilai tersebut. Faktor Daya pada incoming 20 kV di GI Miniatur sebelum dipasang kapasitor bervariasi antara 0,89 sd 0.94. Sehingga dengan pemasangan kapasitor diharapkan didapat faktor daya yang lebih baik.

2. METODE PENELITIAN

Penulis melihat masih ada hal yang bisa dikembangkan pada instalasi ini dengan membuat sensor power faktor pada setiap fase namun tetap dengan menggunakan jumlah kapasitor yang sama (20 MVAR), namun dengan menggunakan 12 *breaker* pada masing masing step sehingga penggunaan karakteristik beban per fasa (misalkan beban salah satu fase kapasitif, beban fase yang lain banyak dengan penggunaan motor induksi) dapat terkompensasi dengan lebih baik daripada kondisi saat ini [3].

Dengan penggunaan sensor pada masing-masing fasa maka jumlah kapasitor yang masuk/ON berbeda setiap fase sehingga nilai power faktor dapat ditingkatkan [4], [5].



Gambar 1 Flowcart Penelitian Simulasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

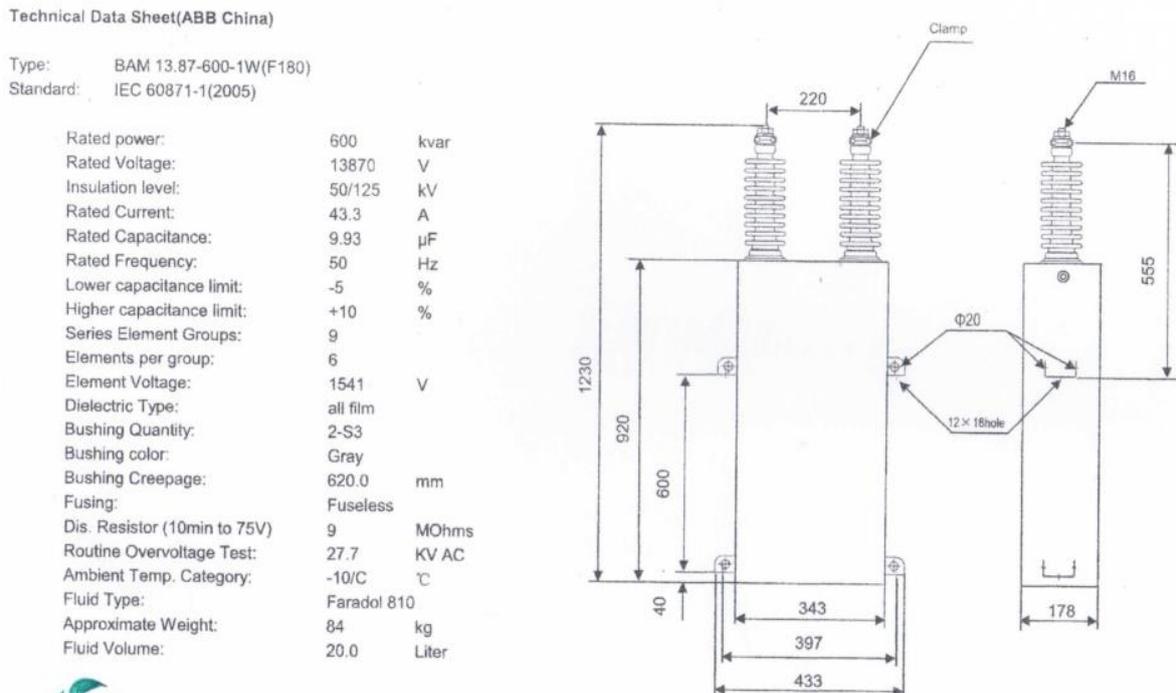
3.1 Perencanaan Desain Simulasi

Desain Perencanaan sistem dengan menggunakan data peralatan sumber, trafo dan jumlah kapasitor menggunakan nilai dan parameter yang sama, sedangkan simulasi penggunaan beban menggunakan beban variatif seperti beban resistif, beban induktif, beban kapasitif, beban *unbalance* [6]. Parameter sistem yang disimulasikan sbb: Vin: 20 kV, Frekuensi : 50 Hz, beban variatif seeptri pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Beban Variatif

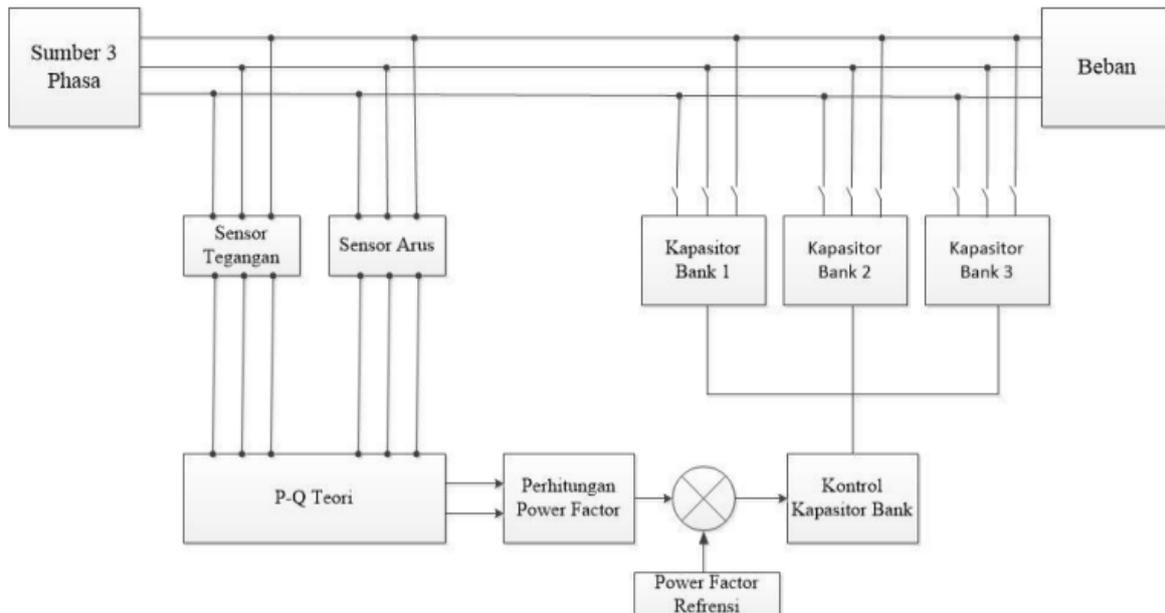
R	S	T	Keterangan
100, 20mH, 100 μ F	100, 20mH, 100 μ F	100, 20mH, 100 μ F	RLC seimbang
100, 20mH, 100 μ F	100, 50mH, 100 μ F	100, 50mH, 100 μ F	RLC unbalance 2fase
100, 20mH, 100 μ F	100, 50mH, 100 μ F	100, 70mH, 100 μ F	RLC unbalance 3fase

Data Kapasitor diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Data kapasitor 20 kV

Perencanaan sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



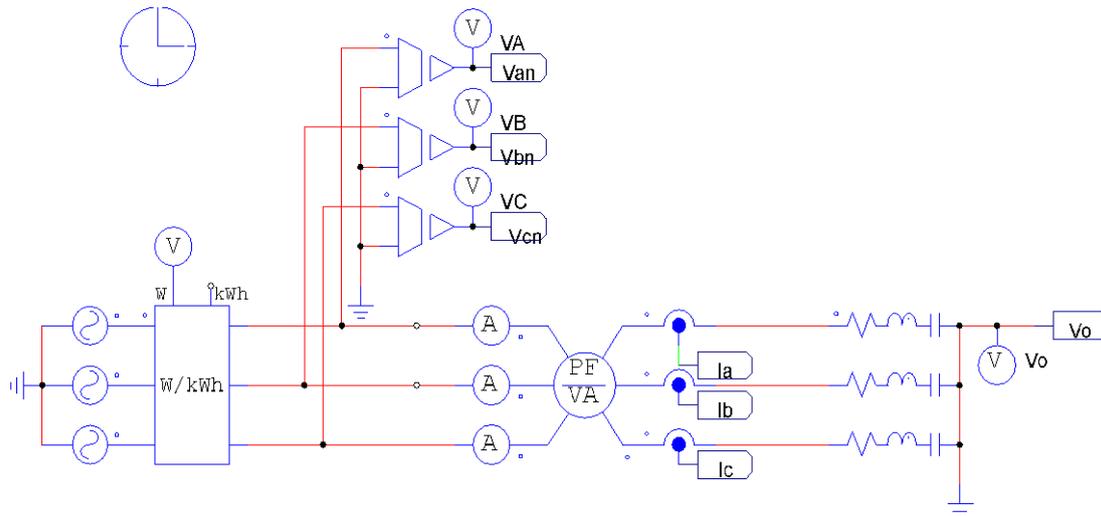
Gambar 3. Diagram Blok Simulasi Sistem

3.2 Program Simulasi

Penulis melihat masih ada hal yang bisa dikembangkan pada instalasi ini dengan membuat sensor power faktor pada setiap fase namun tetap dengan menggunakan jumlah kapasitor yang sama (20 MVAR) dengan menggunakan 12 breaker pada masing masing step. Sehingga penggunaan karakteristik beban per fase dapat terkompensasi dengan lebih baik daripada kondisi saat ini.

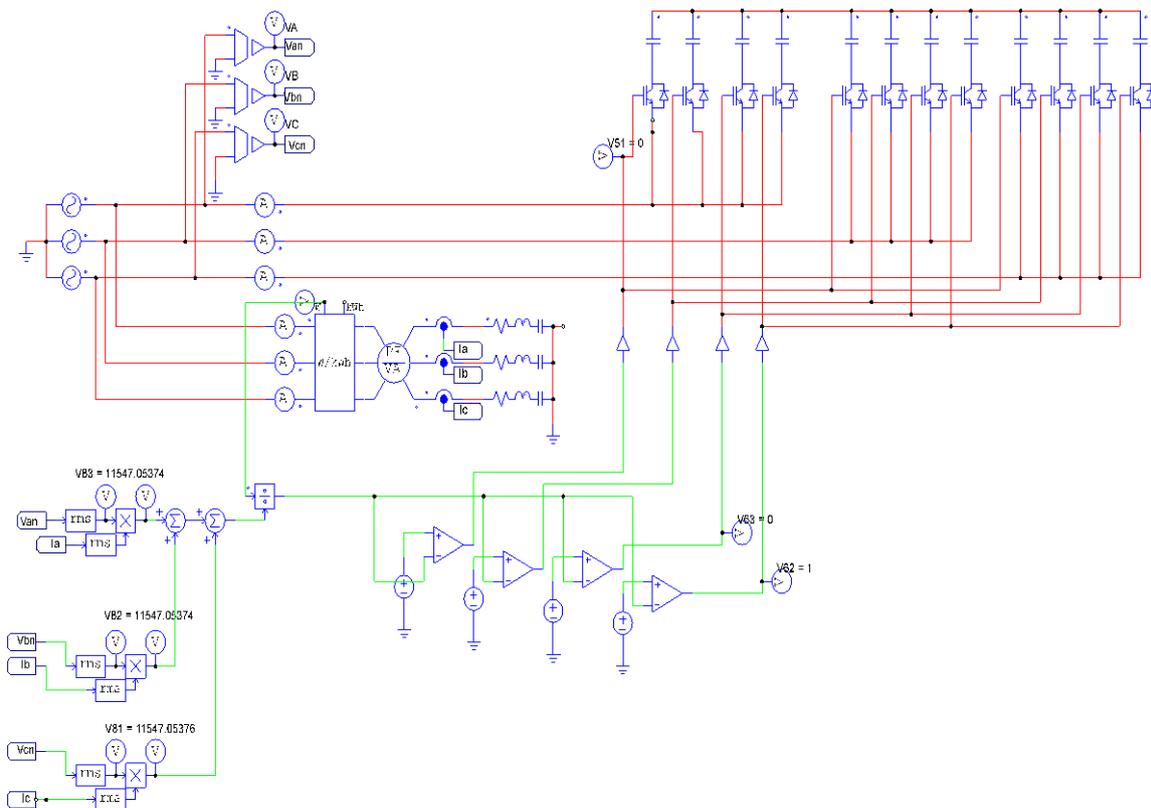
3.2.1 Sistem konvensional tanpa kapasitor.

Dari hal diatas maka ada 3 (tiga) simulasi yang akan dikaji. Hasil kajian diperlihatkan seperti pada gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



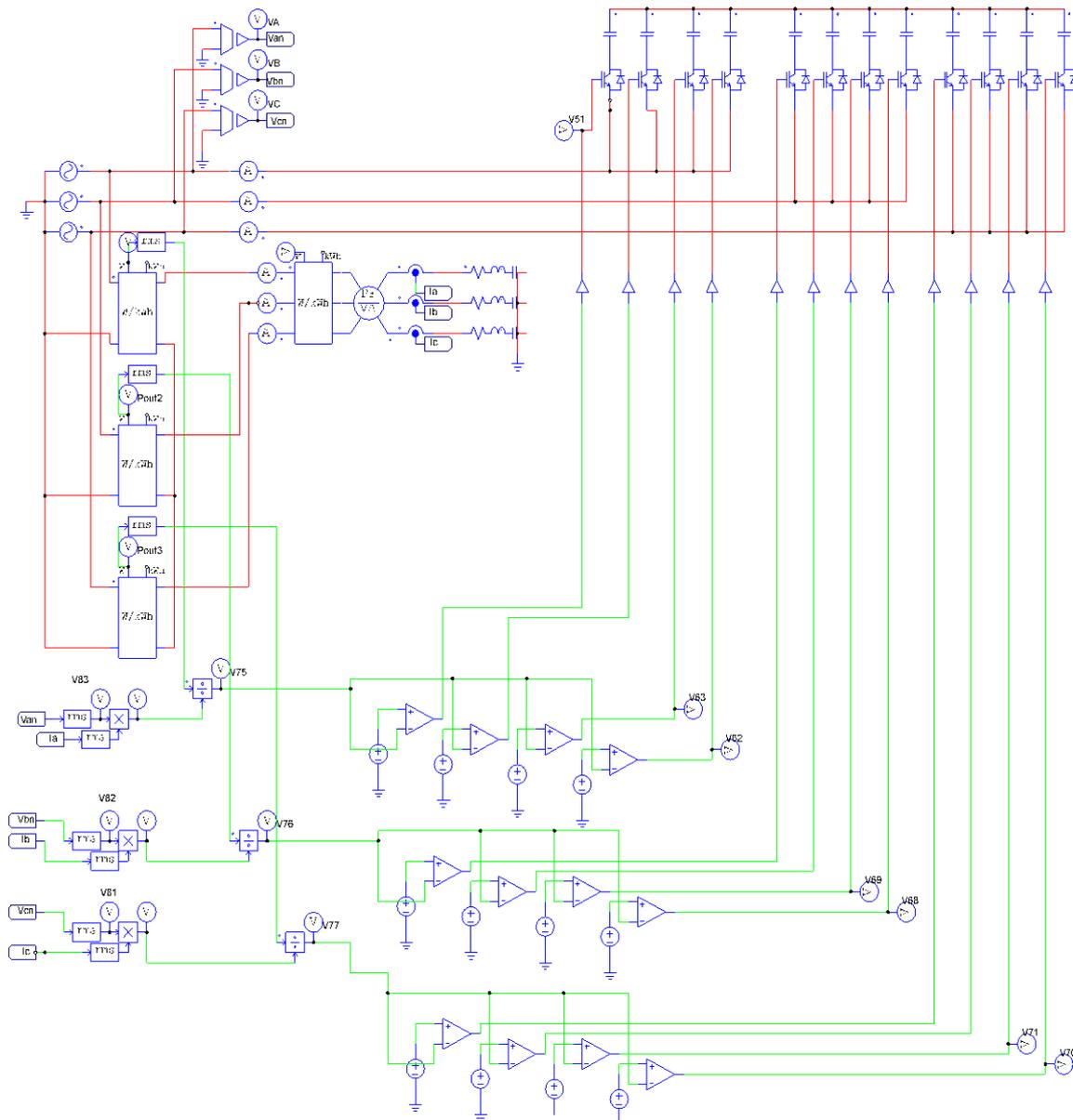
Gambar 4. Sistem konvensional tanpa kapasitor

3.2.2 Sistem saat ini terpasang dengan kapasitor (4step dengan sensor nilai power factor 3 fase).



Gambar 5. Sistem kondisi saat ini dengan 4 Step

3.2.3 Sistem yang diteliti dengan (12 step dengan sensor power faktor masing-masing fase).



Gambar 6. Sistem proposed dengan 12 step

3.3 Hasil Perhitungan

Untuk beban dengan resistor, inductor dan kapasitor linier seri $R=100\Omega$, $L=20\text{ mH}$, $C= 100\mu\text{F}$ didapat:

$$Z = R + j(Xl - Xc) \tag{1}$$

$$= 100 + j((2\pi \cdot 50 \cdot 0,02) - \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}})$$

$$= 100 + j0,255478$$

$$= 103,2119 \angle 0,14^\circ$$

$$I = \frac{V}{Z}$$

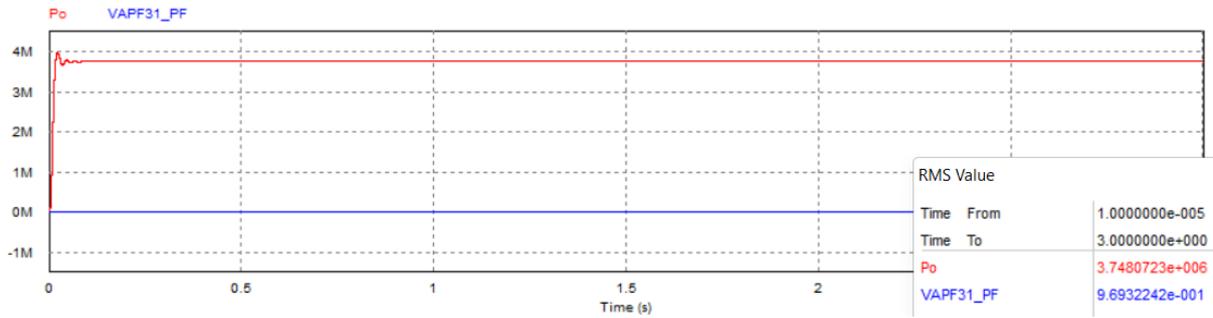
$$I = \frac{11,547}{103,2119} = 111,88 \text{ A}$$

$$\cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{100}{103,211} = 0,9688$$

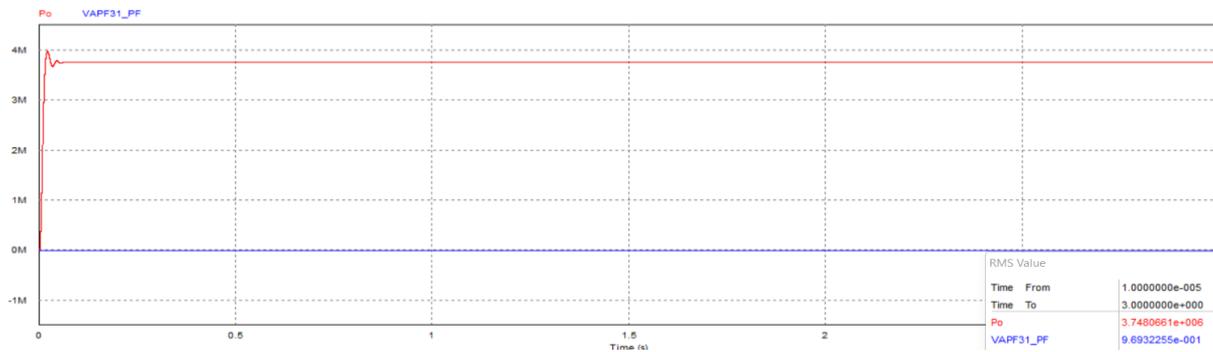
$$P(1) = V \cdot I \cdot \cos\theta = 11,547\text{kV} \times 111,88 \times 0,9688 = 1251,64 \text{ kW}$$

$$P(t) = 3 \times P(1) = 3 \times 1251,64 \text{ W} = 3754,92 \text{ kW}$$

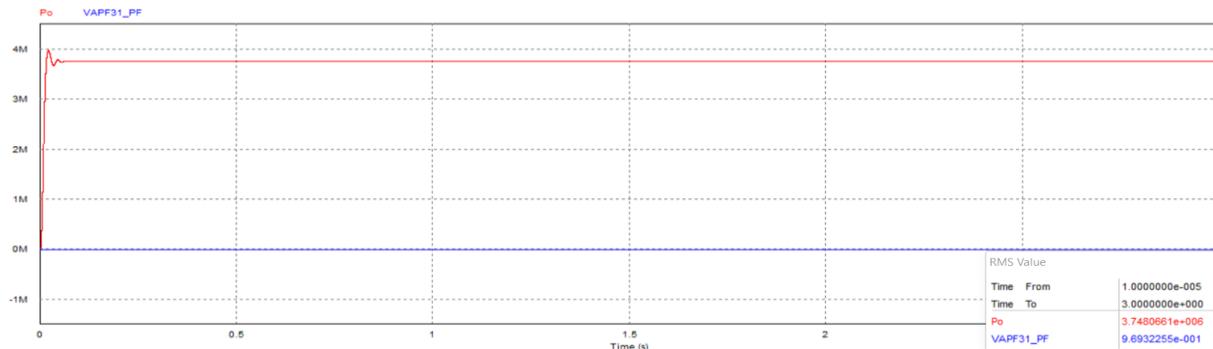
3.4 Hasil Simulasi



Gambar 6. Hasil simulasi pertama sistem konvensional



Gambar 7. Hasil simulasi pertama sistem dengan 4 step



Gambar 8. Hasil simulasi pertama sistem dengan 12 step

Dari hasil simulasi pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8 didapatkan bahwa pada simulasi dengan 12 Step, faktor daya referensi pada fase R:0,96988 (2 step); fase S:0,98824 (1 step); fase T:0,99874 (1step) dengan total kapasitor masuk 4 blok sedangkan dengan sistem saat ini (4 Step) faktor daya referensi 0,99835 dimana per fase 1 (step) total kapasitor masuk 3 blok. Hasil simulasi beban variative diperlihatkan pada Tabel 2.

Table 2. Hasil Simulasi dengan beban variatif

No	Beban	Konvensional		Kondisi saat ini		Proposed		Selisih Daya kW (kondisi saat ini - konvensional)	Selisih Daya kW (proposed - konvensional)
		PF	MW	PF	MW	PF	MW		
1	R:100, 20mH, 100 μ F	0,96932	3,748072	0,96932	3,748066	0,96932	3,748066	0,0059	0,006
2	R:100, 20mH, 100 μ F ST:100, 50mH, 100 μ F	0,93553	3,914933	0,9353	3,914923	0,99353	3,914922	0,0098	0,0109
3	R:100, 20mH, 100 μ F S:100, 50mH, 100 μ F T:100, 70mH, 100 μ F	0,9999	3,914933	0,9999	3,914925	0,9999	3,914922	0,0085	0,0113

4. KESIMPULAN

Dari hasil desain dan analisa performansi faktor daya pada pengembangan bay kapasitor 20 kV-20 MVAR diatas dapat disimpulkan dengan kontroller yang menggunakan sensor pada masing-masing fase dan meningkatkan jumlah *breaker* dari 4 step menjadi 12 step dapat meningkatkan faktor daya dan menurunkan pemakaian energi. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa daya aktif dapat ditingkatkan dari 8,5W (sistem 4 step) menjadi 11,3 W (sistem 12 step) pada beban tidak seimbang R123:100 Ω , L1:20 mH, L2:50 mH, L3:70 mH, C123:100 μ F.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PLN GI Miniatur dan PLN Pusertif dan program studi S2 Universitas Global Jakarta.

Daftar Pustaka

- [1]. Dede Kaladri, "Studi Pemasangan Kapasitor Bank untuk memperbaiki Faktor Daya dalam menekan biaya operasional pada jaringan distribusi 20 kV", ITS, 2013
- [2]. Majalah Elektro, "Peranan kapasitor dalam penggunaan energi listrik", No.30, 2000
- [3]. Khadafi Alland, "Perancangan kebutuhan kapasitor bank untuk perbaikan faktor daya pada line mess i di pt. Bumi lamongan sejati (WBL)" ITATS
- [4]. M.Adam, "Desain dan Implementasi Kontrol Power Factor Correction Berbasis P-Q Theory pada Capacitor Bank", ITS, 2018
- [5]. PLN, "Data Peralatan Kapasitor 20 kV-20 MVAR", 2014
- [6]. Power SIM TECH, "PSIM User Guide Manual", 2020